Ricerca di risonanze nel canale dileptonico in collisioni p - p con il rivelatore CMS ad LHC

Filippo Errico (Università & INFN Bari)
Per conto del gruppo CMS ZPrime Dilepton

IFAE, 19 - 21 Aprile 2017, Trieste (Italia)

Introduzione

CMS PAPER EXO-15-005

DRAFT
CMS Paper

The content of this note is intended for CMS internal use and distribution only

2016/12/19
Head Id: 378158
Archive Id: 378208P
Archive Date: 2016/12/19
Archive Tag: trunk

Search for narrow resonances in dilepton mass spectra in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV and combination with 8 TeV data

The CMS Collaboration

Abstract

A search for narrow resonances in dielectron and dimuon invariant mass spectra has been performed using data obtained from proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV collected with the CMS detector. The integrated luminosity for the dielectron sample is 2.7 fb^{-1} and for the dimuon sample 2.9 fb^{-1}. The sensitivity of the search is increased by combining these data with a previously analysed set of data obtained at $\sqrt{s} = 8$ TeV and corresponding to a luminosity of 20 fb^{-1}. No evidence for non-standard-model physics is found, either in the 13 TeV data set alone, or in the combined data set. Upper limits on the product of production cross section and branching fraction have also been calculated in a model-independent manner to enable interpretation in models predicting a narrow dielectron or dimuon resonance structure. Limits are set on the masses of hypothetical particles that could appear in new-physics scenarios. For the Z'_{SSM} particle, which arises in the sequential standard model, and for the superstring inspired Z'_{ψ} particle, 95% confidence level lower mass limits for the combined data sets and combined channels are found to be 3.37 and 2.82 TeV, respectively. The corresponding limits for the lightest Kaluza–Klein graviton arising in the Randall–Sundrum model of extra dimensions with coupling parameters 0.01 and 0.10 are 1.46 and 3.11 TeV, respectively. These results significantly exceed the limits based on the 8 TeV LHC data.

Available on the CERN CDS information server

CMS PAS EXO-16-031

CMS Physics Analysis Summary

Contact: cms-pag-conveners-exotica@cern.ch

2016/08/05

Search for a high-mass resonance decaying into a dilepton final state in 13 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV

The CMS Collaboration

Abstract

A search for new narrow resonances in dielectron and dimuon spectra is performed using data obtained from 2016 proton-proton collisions at 13 TeV. The integrated luminosity corresponds to 12.4 fb^{-1} and 13.0 fb^{-1} for the dielectron and dimuon samples, respectively. No significant deviations from the standard model expectation are observed. Upper bounds are set on the masses of hypothetical particles that arise in new-physics scenarios.

Sommario

- Ricerca di nuova Fisica
- Il rivelatore CMS ad LHC
- Selezione degli eventi:
    - ✦ canale elettronico
    - ✦ canale muonico
- Fondi
- Risultati:
    - ✦ distribuzione di massa
    - ✦ limiti di esclusione
- Conclusioni

Ricerca di nuova fisica

Problematiche legate al Modello Standard:

- non include la forza di Gravità
- non ha un candidato per la materia oscura
- prevede neutrini senza massa
- le costanti di accoppiamento non convergenti ad alte energie $O(10^{16}$ GeV)

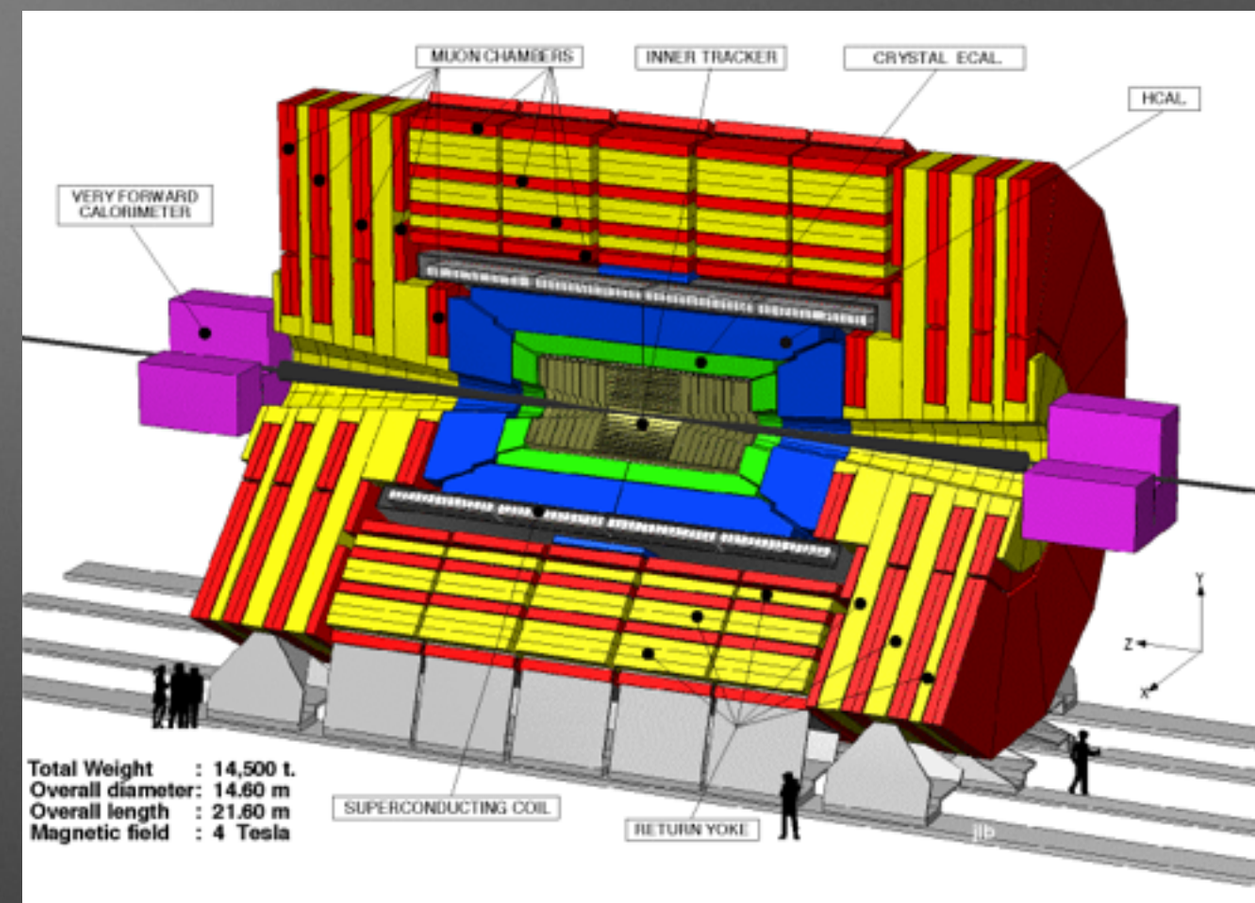
Molti modelli teorici cercano di risolvere queste problematiche:

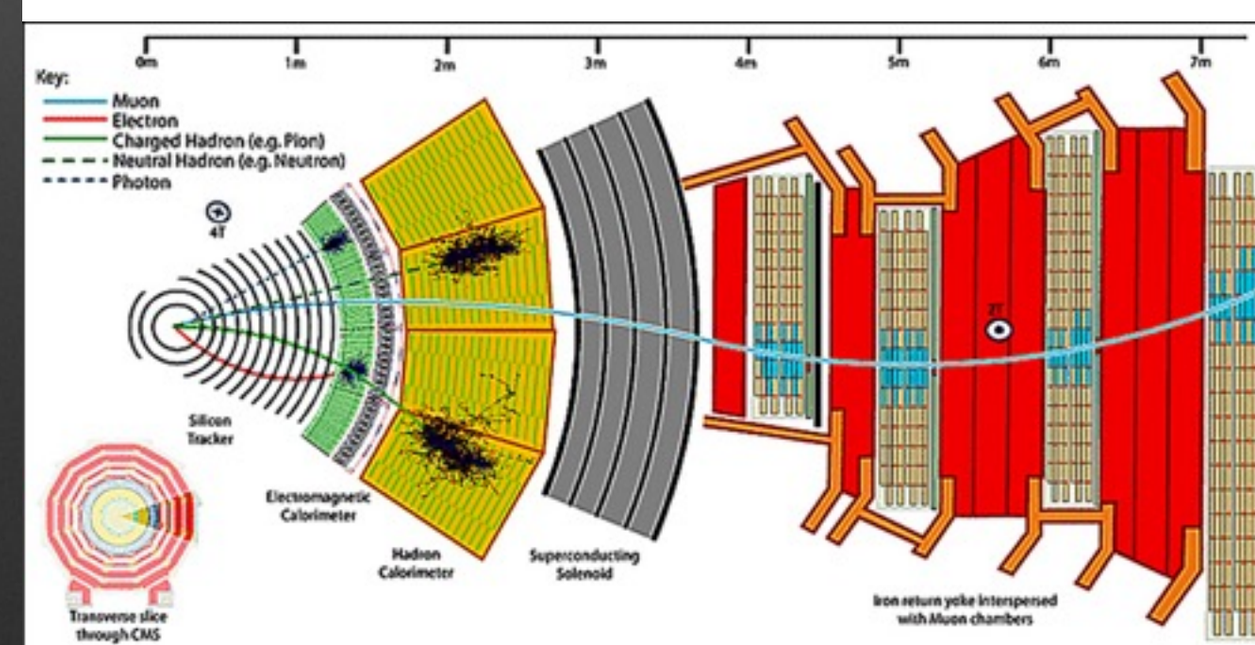
- Sequential Standard Model (SSM)
- Teoria della Grande Unificazione (GUT)
- Warped Extra Dimensions (WED)

All'interno di questi modelli si introducono nuovi bosoni:

- Z'_{SSM} (da *U(1)*, con accoppiamento tipo - SM)
- Z'_{ψ} (da E_6, ottenuto all'interno delle GUT)
- G_{KK} (previsto all'interno del modello Randall - Sundrum)

Compact Muon Solenoid ad LHC





Selezione degli eventi

Lo stato finale a cui si è interessati prevede due leptoni (muoni o elettroni): Z' —> $\ell\ell$

1) Elettroni:

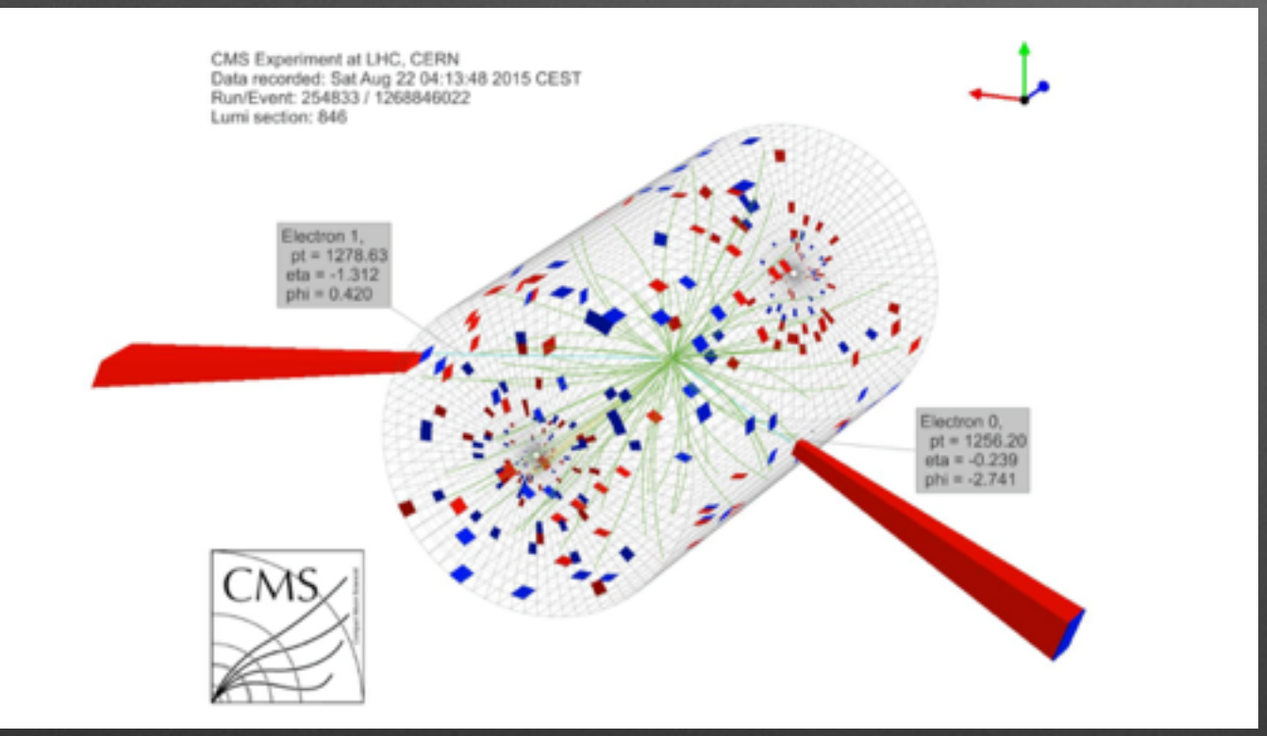
- a livello HLT, $E_T > 33$ GeV
- nella ricostruzione offline: $E_T > 35$ GeV e $|\eta_C| < 1.4442$ o $1.566 < |\eta_C| < 2.5$
- selezione HEEP (High Energy Electron Pair)
- isolati
- almeno un elettrone selezionato nella regione del Barrel

2) Muoni:

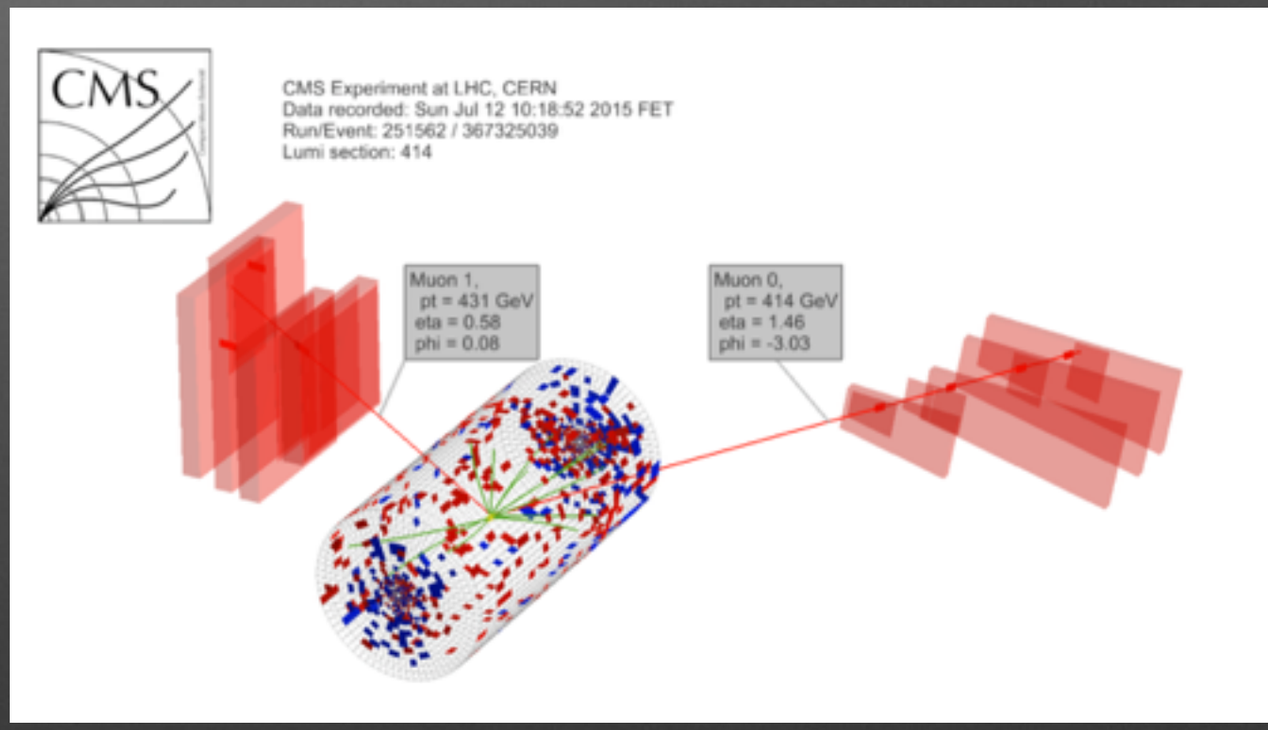
- a livello HLT, $p_T > 50$ GeV/c e $|\eta| < 2.4$
- nella ricostruzione offline: $p_T > 53$ GeV/c e $|\eta| < 2.4$
- High p_T Muon ID
- isolati
- con carica opposta
- vertice con $\chi 2$ / dof < 20
- Angolo 3D < π - 0.02

Selezione degli eventi

Lo stato finale a cui si è interessati prevede due leptoni (muoni o elettroni): Z' —> $\ell\ell$



Canale elettronico:
massa 2.9 TeV / c^2

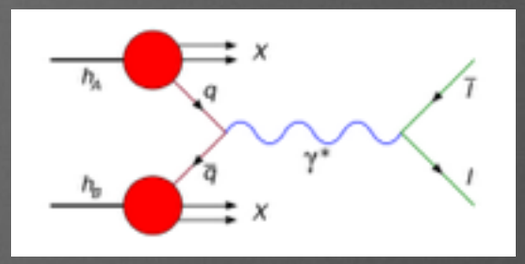


Canale muonico:
massa 0.92 TeV / c^2

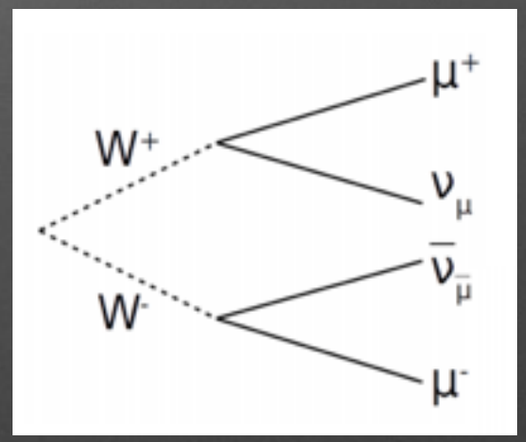
Fondi

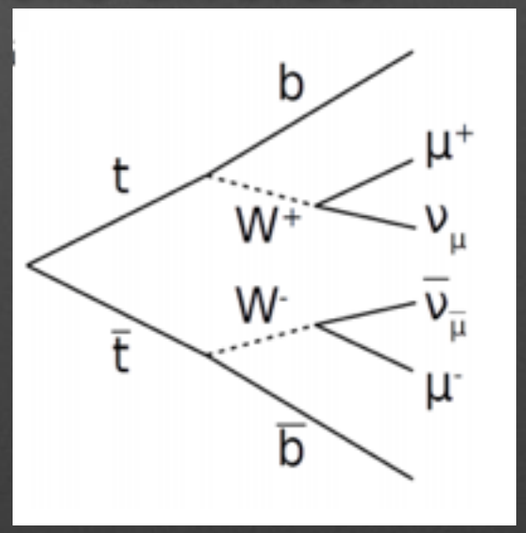
- Processo Drell-Yan ($Z/\gamma^* \rightarrow e^+e^-/\mu^+\mu^-$):

  fondo dominante (dal 80% al 95%) e irriducibile

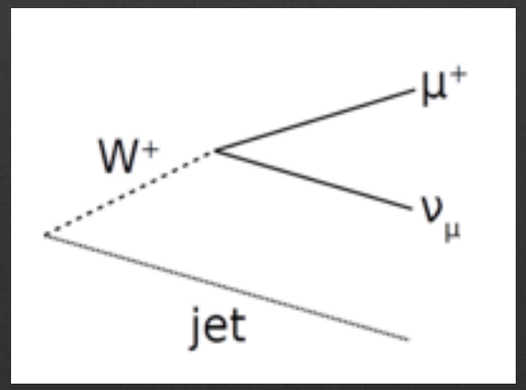


- Processi con produzione diretta di due leptoni da particelle diverse:
  - ✦ due bosoni (WW, WZ, ZZ)
  - ✦ Drell-Yan in $\tau^+\tau^-$
  - ✦ single top quark (tW)
  - ✦ top quark - antitop quark ($t\bar{t}$)

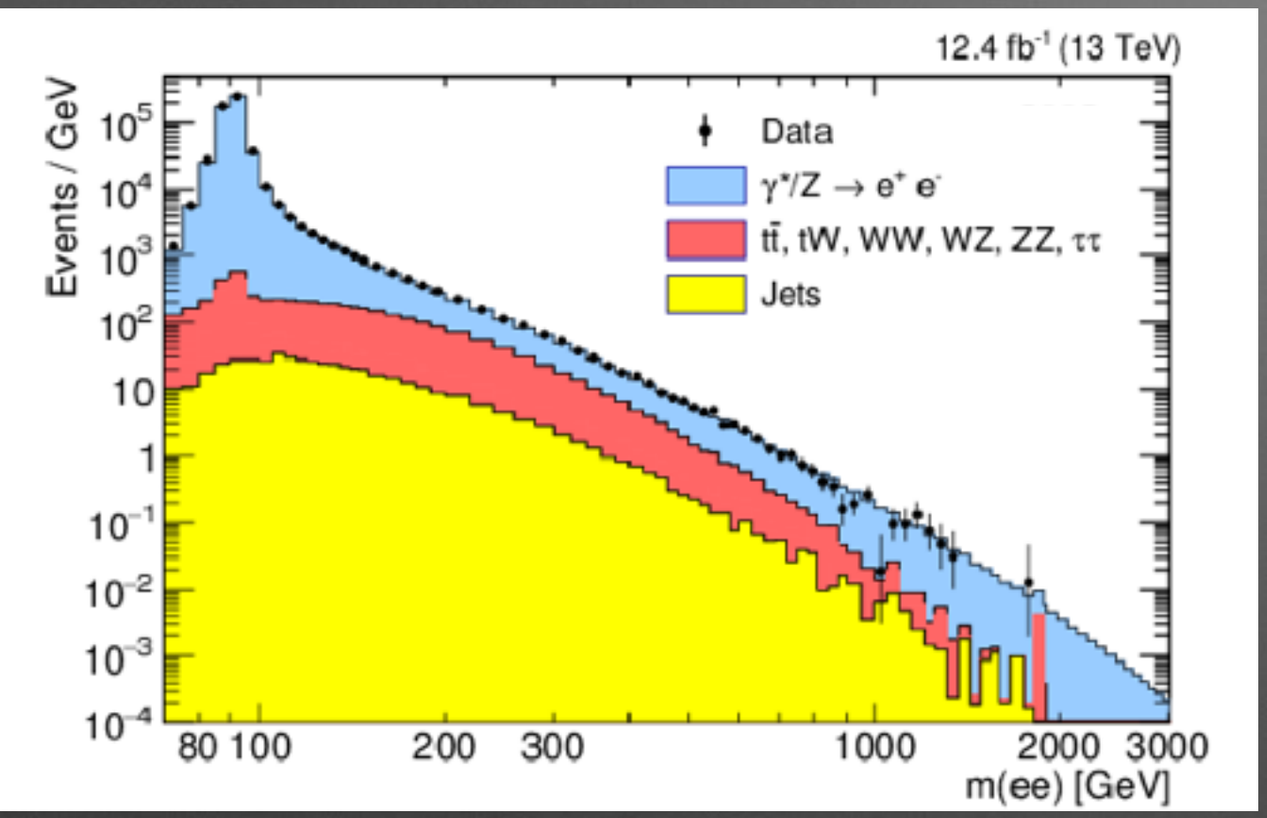




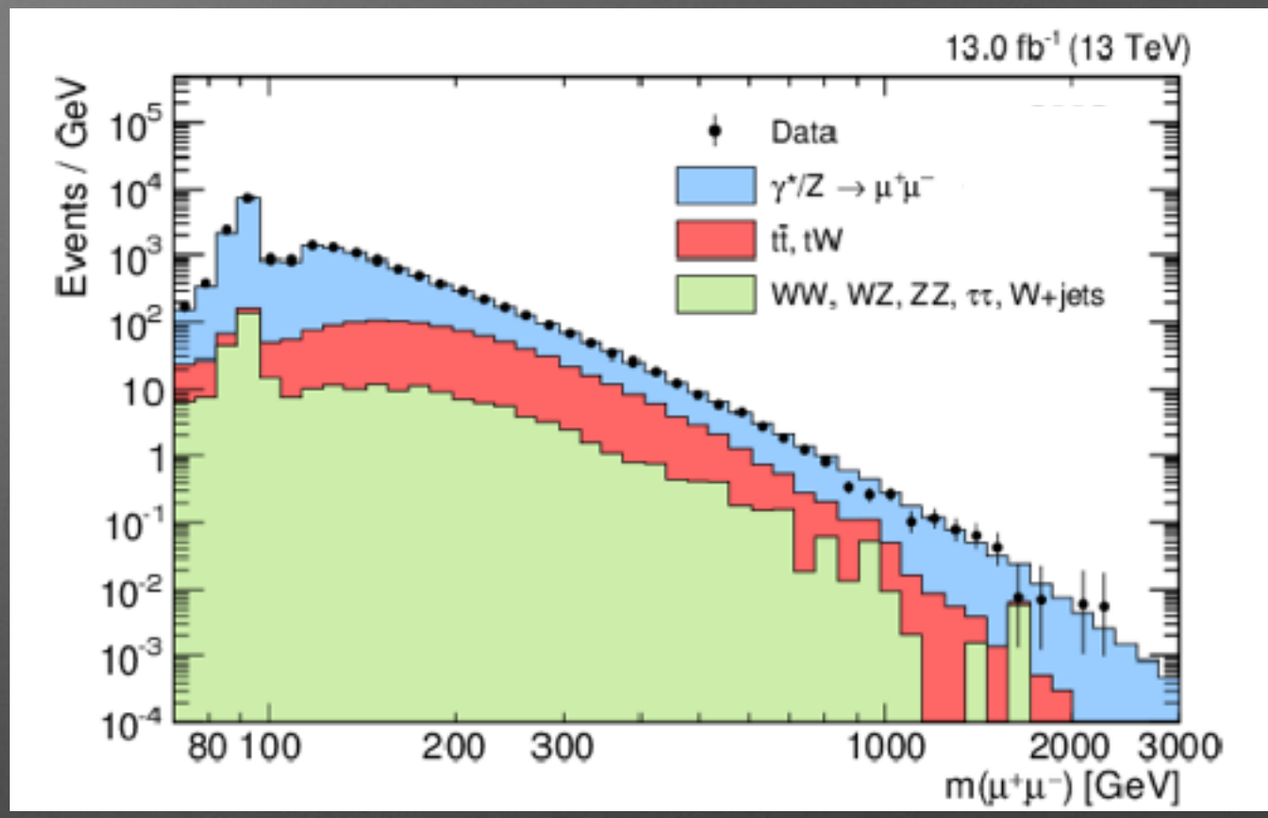
- Processi con produzione indiretta di leptoni o in cui i leptoni sono erroneamente identificati (< 3 %):
  - ✦ multijets
  - ✦ W+jets



Distribuzione di massa



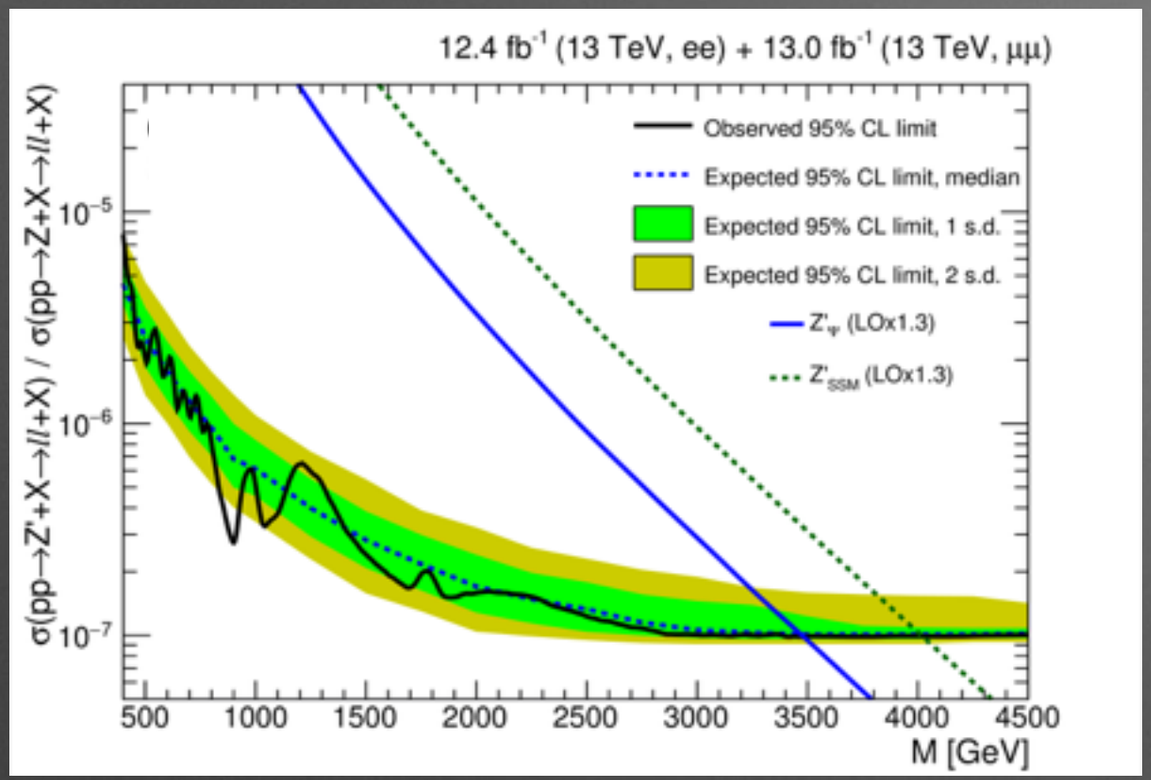
canale elettronico

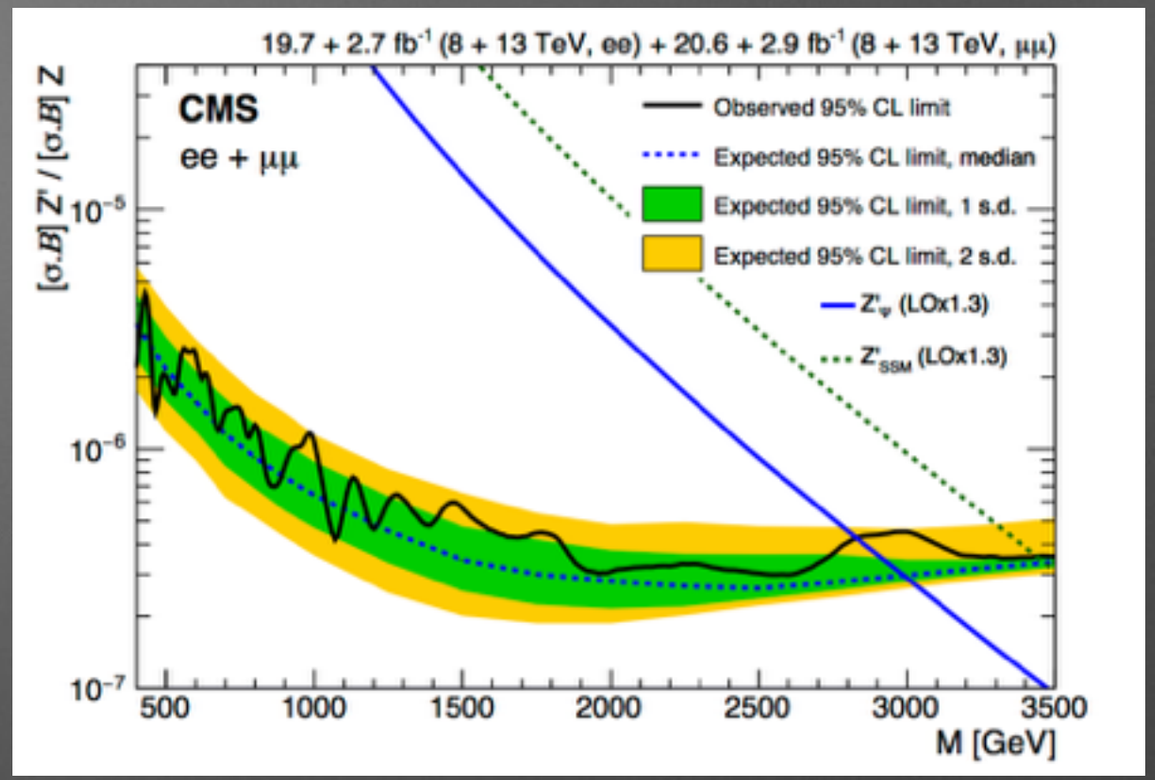


canale muonico

Distribuzione della massa invariante osservata confrontata con i fondi previsti dal Modello Standard: non si evidenziano discrepanze rispetto alle predizioni.

Limiti di esclusione





Bosone Z' di spin 1

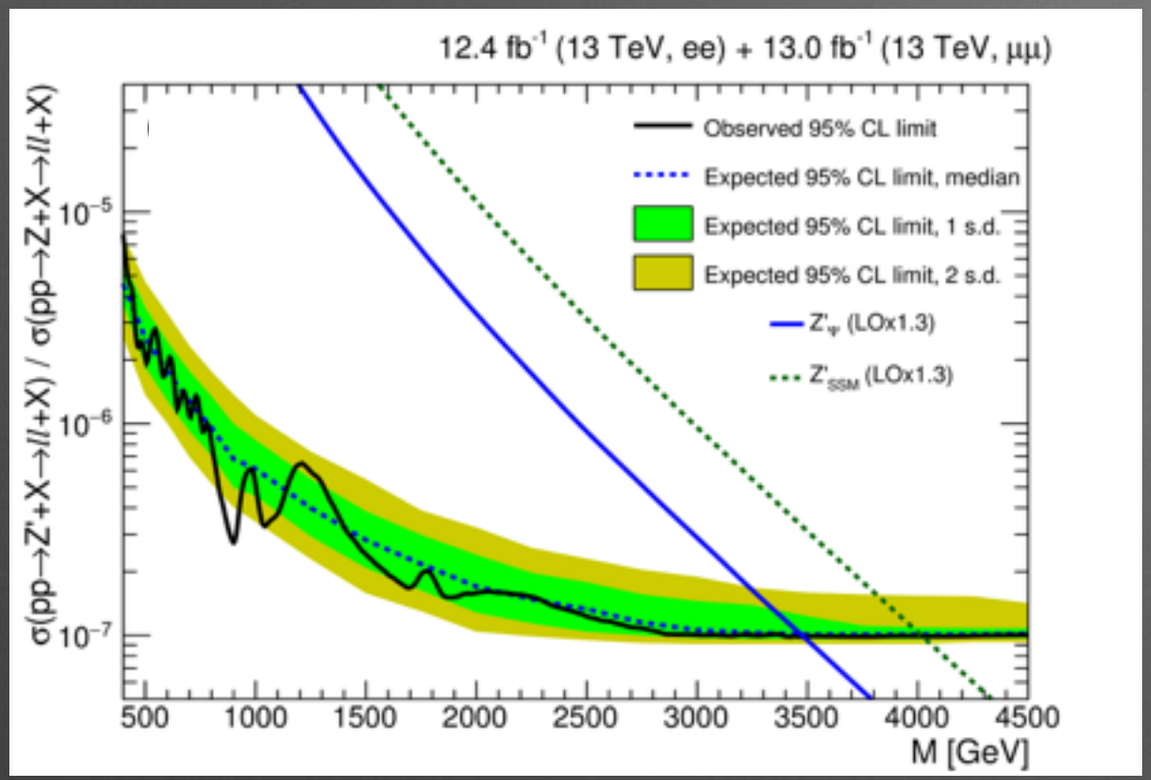
Combinazione dei canali ee e μμ con i dati raccolti a 13 TeV nel 2016 (13 fb^{-1}).

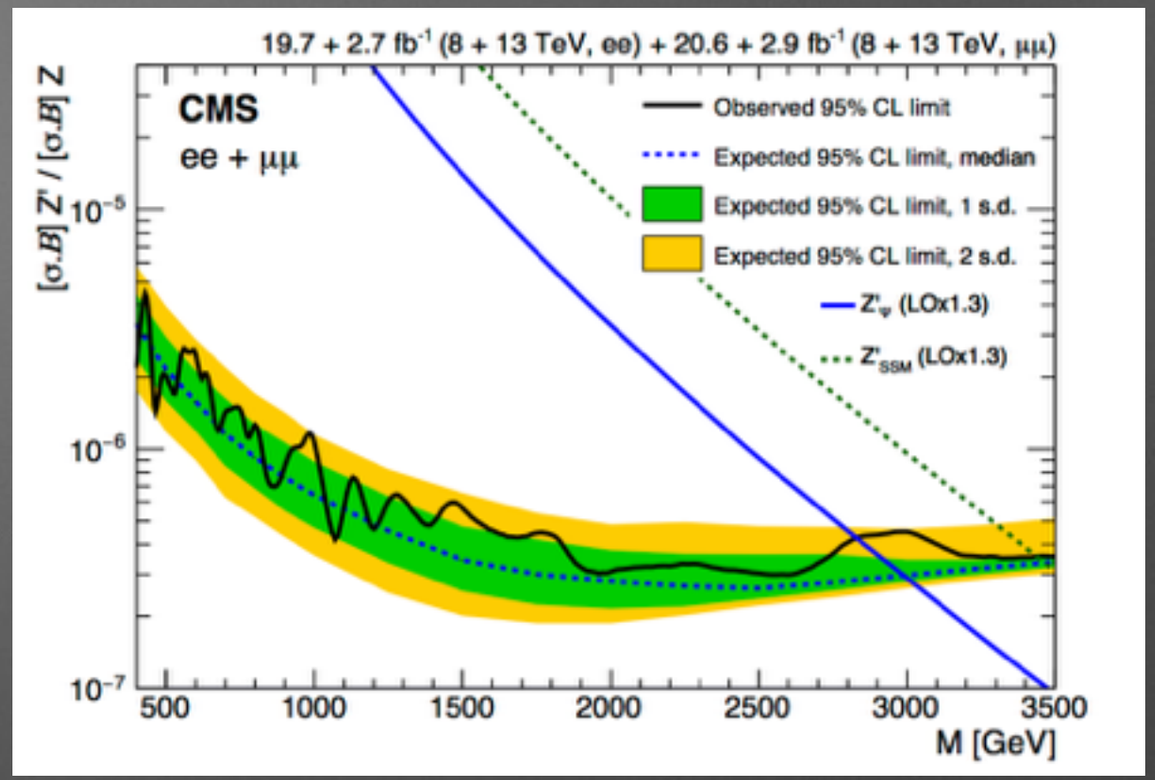
- Z'_{SSM} = 4.0 TeV
- Z'_{ψ} = 3.5 TeV

Combinazione dei canali ee e μμ con i dati raccolti a 13 TeV nel 2015 (2.9 fb^{-1}) e a 8 TeV durante il Run I (20 fb^{-1}).

- Z'_{SSM} = 3.37 TeV
- Z'_{ψ}= 2.82 TeV

Limiti di esclusione





Bosone Z' di spin 1

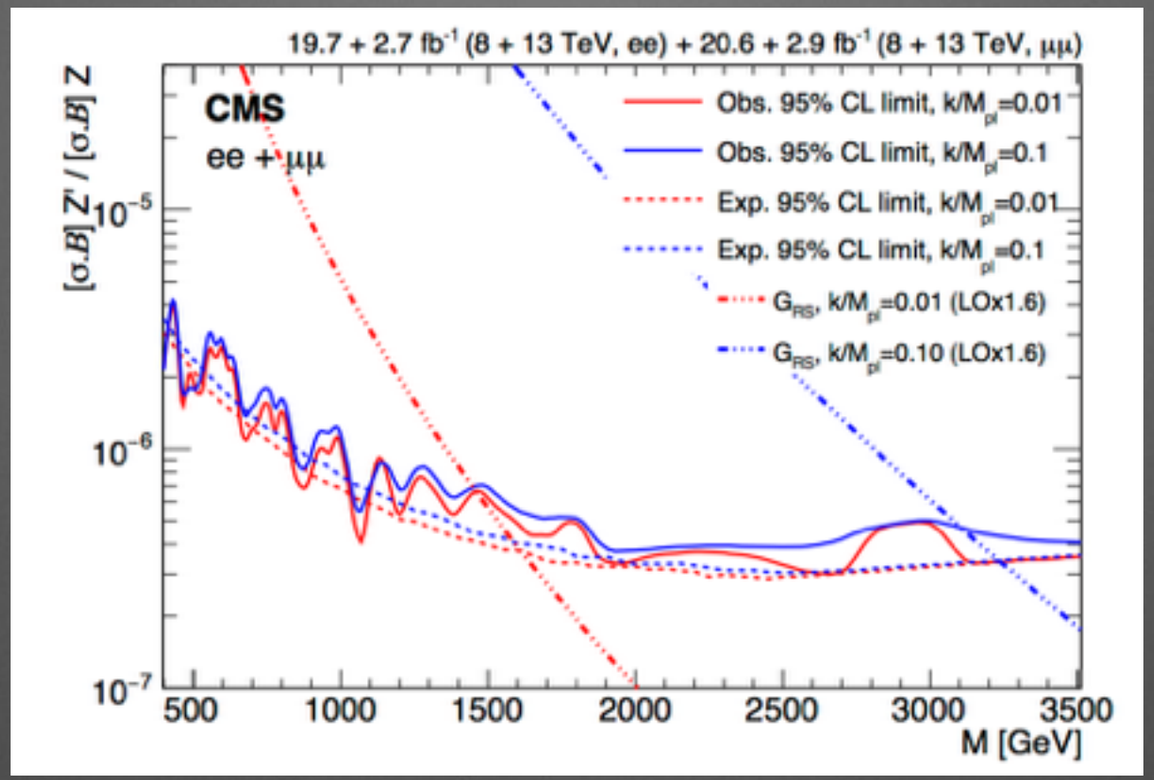
Combinazione dei canali ee e μμ con i dati raccolti a 13 TeV nel 2016 (13 fb^{-1})

- Z'$_{SSM}$ = 4.0 TeV
- Z'$_\psi$ = 3.5 TeV

Combinazione dei canali ee e μμ con i dati raccolti a 13 TeV nel 2015 (2.9 fb^{-1}) e a 8 TeV durante il Run I (20 fb^{-1}).

- Z'$_{SSM}$ = 3.37 TeV
- Z'$_\psi$= 2.82 TeV

Limiti di esclusione



Gravitone spin 2

Combinazione dei canali ee e μμ con i dati raccolti a 13 TeV nel 2015 (2.9 fb^{-1}) e a 8 TeV durante il Run I (20 fb^{-1})

Channel	G_{KK} ($k/\overline{M}_{Pl} = 0.01$)		G_{KK} ($k/\overline{M}_{Pl} = 0.10$)	
	Obs. (TeV)	Exp. (TeV)	Obs. (TeV)	Exp. (TeV)
ee	1.46	1.48	2.78	2.93
$\mu^+\mu^-$	1.26	1.41	3.03	3.03
ee + $\mu^+\mu^-$	1.46	1.61	3.11	3.23
ee + $\mu^+\mu^-$ 13 TeV only	1.38	1.45	2.98	3.15

Z' —> $\ell\ell$ ad ATLAS

ATLAS NOTE

ATLAS-CONF-2016-045

6th August 2016

Search for new high-mass resonances in the dilepton final state using proton–proton collisions at $\sqrt{s}$ = 13 TeV with the ATLAS detector

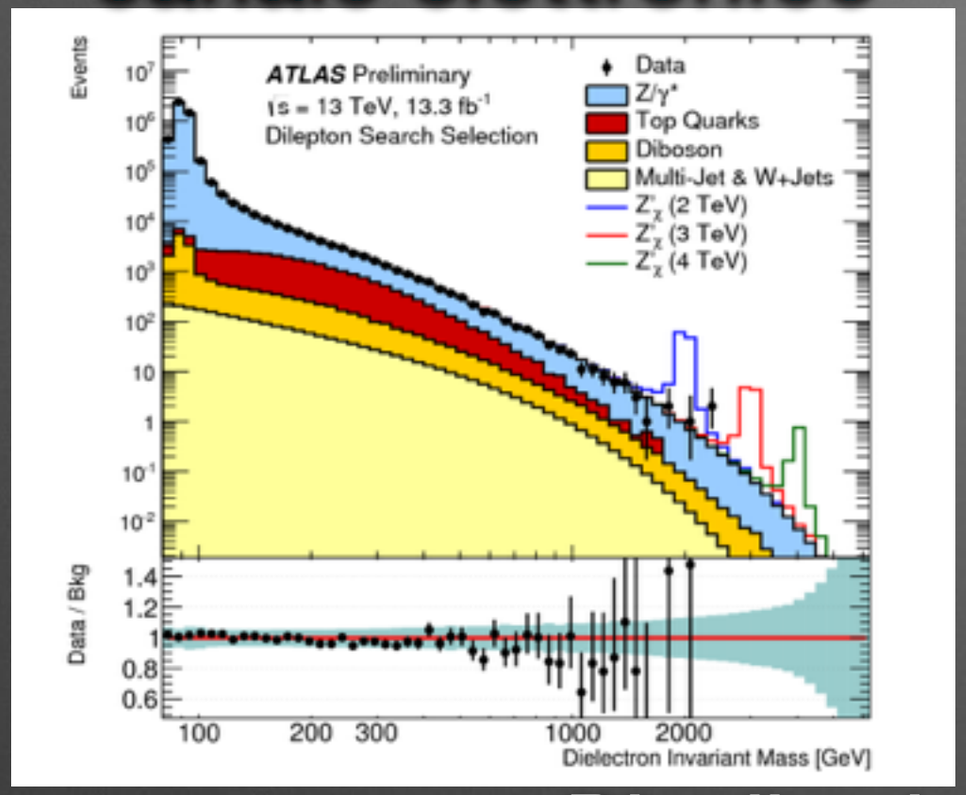
The ATLAS Collaboration

Abstract

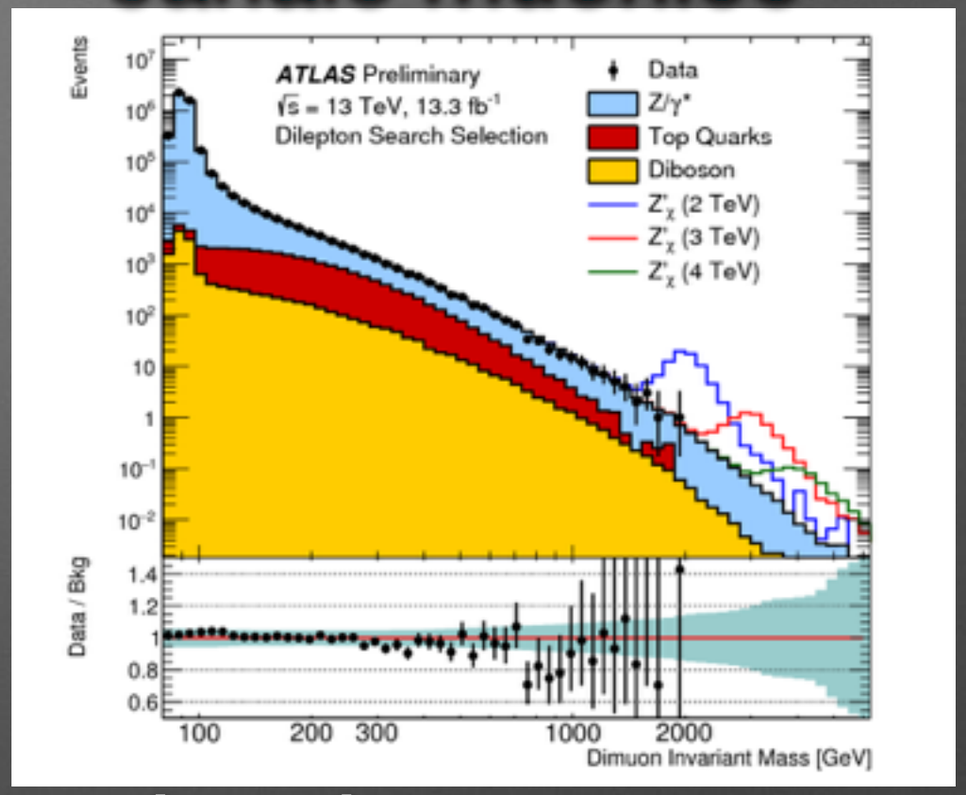
A search is conducted for resonant high-mass new phenomena in dielectron and dimuon final states. The search uses 13.3 fb^{-1} of proton–proton collision data, collected at $\sqrt{s}$ = 13 TeV by the ATLAS experiment at the LHC in 2015 and 2016. The dilepton invariant mass is used as the discriminating variable. No significant deviation from the Standard Model prediction is observed. Upper limits at 95% credibility level are set on the cross-section times branching ratio for resonances decaying to dileptons, which are converted into lower limits on the resonance mass, ranging between 3.36 TeV and 4.05 TeV, depending on the model.

Z' —> $\ell\ell$ ad ATLAS

canale elettronico



canale muonico



Distribuzione di massa invariante

Elettroni:

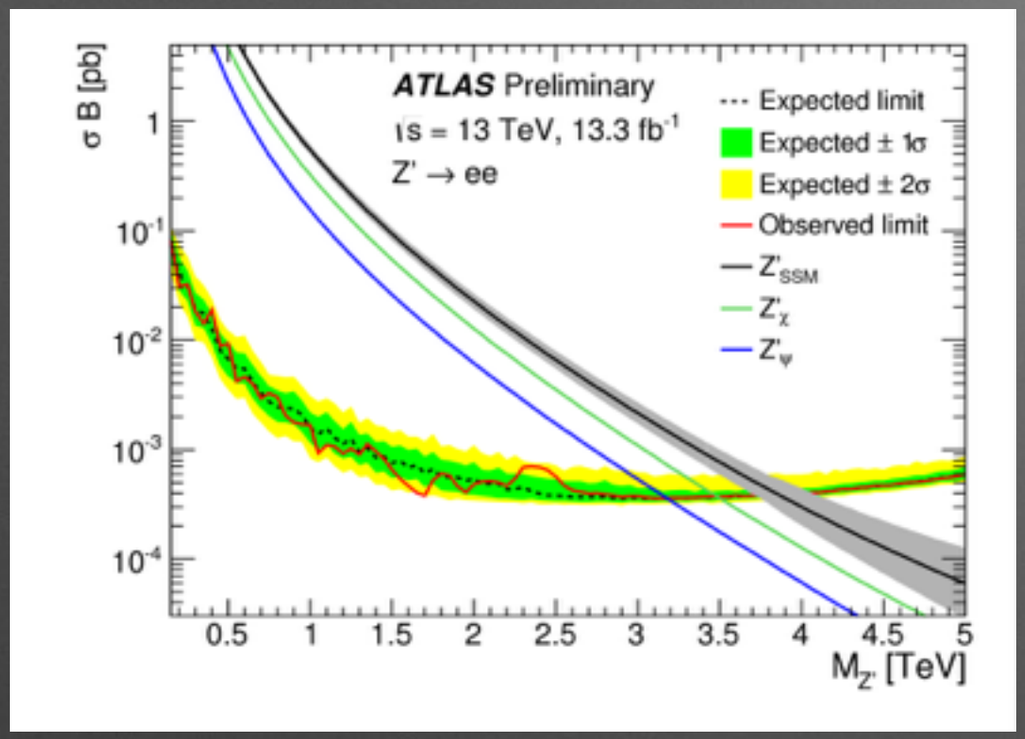
- E_T > 17 GeV (a livello Trigger)
- isolati
- E_T > 30 GeV

Muoni:

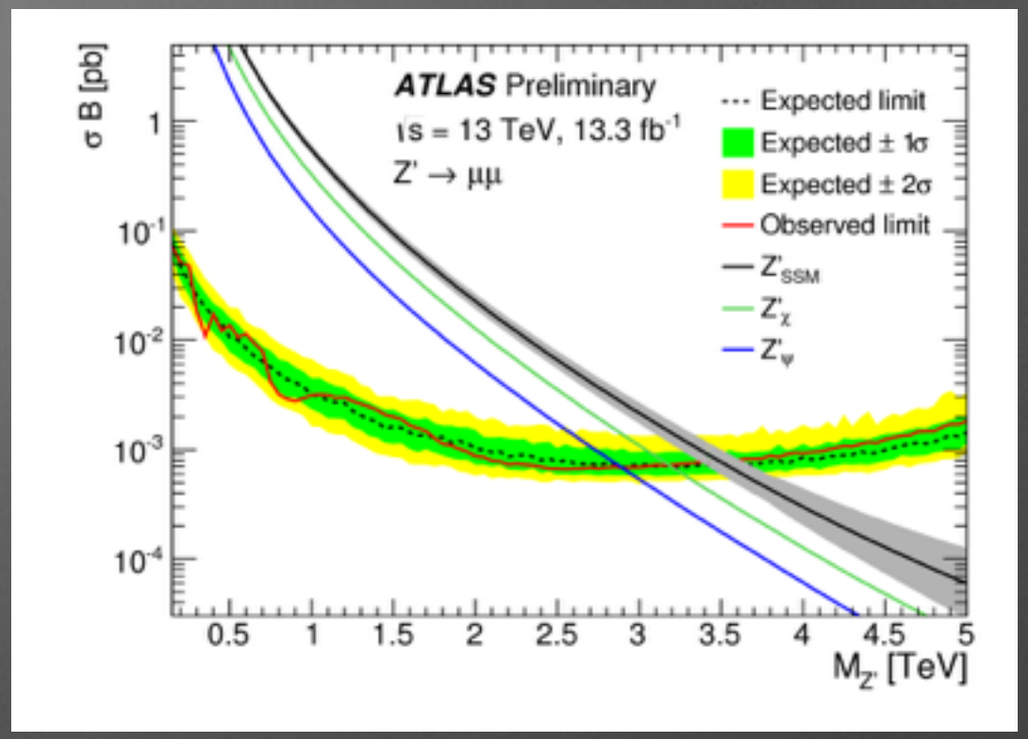
- p_T > 26 (o 50) GeV/c (a livello Trigger)
- isolati
- p_T > 30 GeV/c
- con carica opposta

Z' —> ℓℓ ad ATLAS

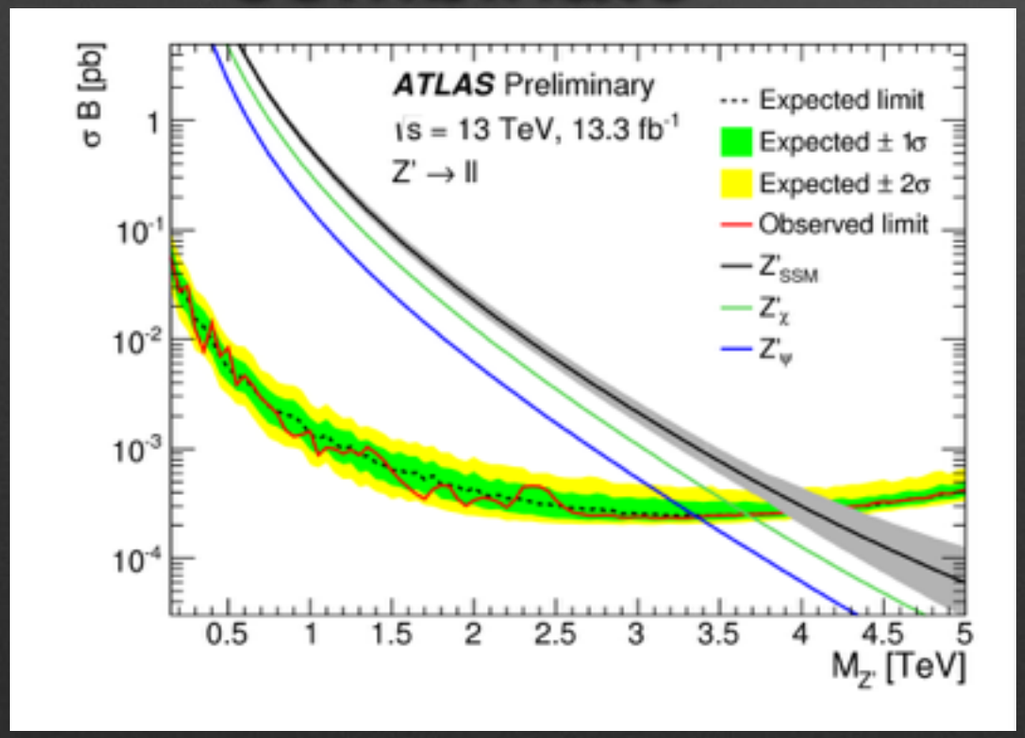
canale elettronico



canale muonico



combinato



Limiti estrapolati in base al prodotto della sezione d'urto per il branching ratio, σB:

- Z'_{SSM} = 4.05 TeV
- Z'_{ψ} = 3.36 TeV (GUT)
- Z'_{χ} = 3.66 TeV (GUT)

Conclusione

Molti modelli oltre il Modello Standard prevedono l'esistenza di bosoni associati a nuovi gruppi di simmetria.

Si è presentata la ricerca del bosone Z' nel canale dileptonico usando i dati raccolti dal rivelatore CMS ad LHC nel 2016 a 13 TeV e la combinazione di dati del Run I a 8 TeV con quelli raccolti a 13 TeV del 2015.

Nuovi limiti di esclusione sono stati definiti in CMS (ATLAS):

- per la Z'_{SSM} e per la Z'_{ψ} i limiti sono fissati rispettivamente a 4 (4.05) TeV/c^2 e a 3.5 (3.36) TeV/c^2.
- per il gravitone di Kaluza-Klein a 1.46 e 3.11 TeV/c^2 con costante di accoppiamento pari a 0.01 e 0.1.

Grazie per l'attenzione

Backup

Modelli Teorici

- Z'_{ψ} e Z'_{χ} associati con due diversi gruppi di simmetria U(1) ottenuti dalla rottura del gruppo E_6 all'interno dei modelli GUT.
- Z'_{SSM}, associato ad un gruppo U(1): ha accoppiamento simile al bosone Z del Modello Standard
- G_{KK} gravitone di Kaluza-Klein previsto dal modello di Randall-Sundrum all'interno dei modelli con dimensioni extra.

Limiti di esclusione in CMS

I limiti di esclusione sono ottenuti per la produzione di risonanza a spin 1 e a spin 2 tramite una likelihood non binnata.
Funzioni di probabilità implementate:

- segnale —> convoluzione di una Breit - Wigner con una Gaussiana
- fondo —> funzione ricavata modellando la distribuzione dei fondi

Limiti estrapolati usando come parametro R_σ cioè il rapporto fra sezione d'urto di produzione della Z' e quello della Z:

$$R_\sigma = \frac{\sigma(\mathrm{pp} \to \mathrm{Z}' + \mathrm{X} \to \mu^+\mu^- + \mathrm{X})}{\sigma(\mathrm{pp} \to \mathrm{Z} + \mathrm{X} \to \mu^+\mu^- + \mathrm{X})} \longrightarrow R_\sigma = \frac{N(\mathrm{Z}' \to \mu^+\mu^-)}{N(\mathrm{Z} \to \mu^+\mu^-)} \times \frac{A(\mathrm{Z} \to \mu^+\mu^-)}{A(\mathrm{Z}' \to \mu^+\mu^-)} \times \frac{\varepsilon(\mathrm{Z} \to \mu^+\mu^-)}{\varepsilon(\mathrm{Z}' \to \mu^+\mu^-)}$$

Il parametro R_σ entra nella definizione della media poissoniana del segnale: $\mu_S = R_\sigma \mu_Z R_\varepsilon$ assieme al rapporto fra le efficienze (R_ε) e alla media poissoniana del numero degli eventi di Z —> $\ell\ell$ (μ_Z)

Limiti

$$\mathcal{L}(\mathbf{m}|\boldsymbol{\theta},\boldsymbol{\nu}) = \frac{\mu^N e^{-\mu}}{N!} \cdot \prod_{i=1}^{N} \left(\frac{\mu_{sig}(\boldsymbol{\theta},\boldsymbol{\nu})}{\mu} f_{sig}(m_i|\boldsymbol{\theta},\boldsymbol{\nu}) + \frac{\mu_{bkg}(\boldsymbol{\theta},\boldsymbol{\nu})}{\mu} f_{bkg}(m_i|\boldsymbol{\theta},\boldsymbol{\nu}) \right)$$

$f_{sig}(m|\theta, \nu) = BW(m|\Gamma) \otimes Gauss(m|\sigma)$

$f_{bkg}(m|\theta, \nu) = e^{g(m)} m^k$

- $\mu = \mu_{sig} + \mu_{bkg}$ = numero totale di eventi (osservati più attesi)
- N = numero di eventi osservati sopra i 200 GeV/c^2
- θ = parametri di interesse:
    - ✦ segnale:
        - ★ M, Γ = massa e larghezza della BR
        - ★ w = larghezza della gaussiana
    - ✦ fondo:
        - ★ parametri della funzione che modellizza i fondi